

Res'd PCT/PTO 14 APR 2005

10/531507

#2
PCT/JP2004/003301

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

12. 3. 2004

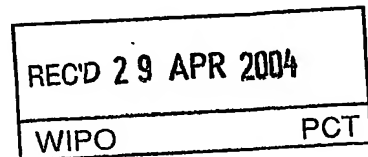
別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日
Date of Application: 2003年 3月14日

出 願 番 号
Application Number: 特願2003-069233
[ST. 10/C]: [JP2003-069233]

出 願 人
Applicant(s): 日本電信電話株式会社



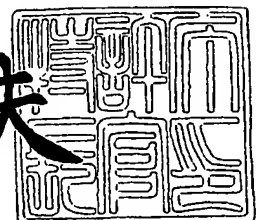
BEST AVAILABLE COPY

PRIORITY DOCUMENT
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH
RULE 17.1(a) OR (b)

2004年 4月14日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今井康夫



出証番号 出証特2004-3031132

【書類名】 特許願
【整理番号】 NTTH147273
【提出日】 平成15年 3月14日
【あて先】 特許庁長官 太田 信一郎 殿
【国際特許分類】 H04B 10/16
H04L 12/24

【発明者】

【住所又は居所】 東京都千代田区大手町二丁目3番1号 日本電信電話株式会社内

【フリガナ】 大木 エイジ

【氏名】 大木 英司

【発明者】

【住所又は居所】 東京都千代田区大手町二丁目3番1号 日本電信電話株式会社内

【フリガナ】 ミヅ アキラ

【氏名】 三澤 明

【発明者】

【住所又は居所】 東京都千代田区大手町二丁目3番1号 日本電信電話株式会社内

【フリガナ】 カヤマ マサル

【氏名】 片山 勝

【発明者】

【住所又は居所】 東京都千代田区大手町二丁目3番1号 日本電信電話株式会社内

【フリガナ】 オカモト サトル

【氏名】 岡本 聡

【特許出願人】

【識別番号】 000004226
【住所又は居所】 東京都千代田区大手町二丁目3番1号
【氏名又は名称】 日本電信電話株式会社

【代理人】

【識別番号】 100078237
【住所又は居所】 東京都練馬区関町北二丁目26番18号
【弁理士】
【氏名又は名称】 井 出 直 孝
【電話番号】 03-3928-5673

【選任した代理人】

【識別番号】 100083518
【住所又は居所】 東京都練馬区関町北二丁目26番18号
【弁理士】
【氏名又は名称】 下 平 俊 直
【電話番号】 03-3928-5673

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 014421
【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1
【物件名】 図面 1
【物件名】 要約書 1
【包括委任状番号】 9701394

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 光ノード装置および光ネットワークおよび 3 R 中継実施ノード
の決定方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 光信号を交換接続する手段を備えた光ノード装置において、
3 R (Reshaping, Retiming, Regenerating) 中継なしでデータ伝送できるあらかじめ設定された区間を 3 R 区間、当該 3 R 区間の始点となる光ノード装置を 3 R 発ノード、当該 3 R 区間の終点となる光ノード装置を 3 R 着ノード、光パスの設定要求元となる光ノード装置を発ノード、当該光パスの終点となる光ノード装置を着ノードとそれぞれ定義し、

光パス設定要求には、発ノードから着ノードまでの交換接続の際に、発ノードから順に使用する波長を指定するラベルを含み、当該ラベルは、一つの波長が設定される毎に一つ削除され、

前記交換接続する手段は、波長変換手段または 3 R 中継手段を含み、

自己が属する 3 R 区間における自己と 3 R 着ノードとの間のホップ数 H の情報を保持する手段と、

自己が属する 3 R 区間における 3 R 発ノードから送出された光信号に対して自己が 3 R 中継を実施するか否かを自律的に判断する手段と

を備え、

この判断する手段は、

前記波長変換手段または前記 3 R 中継手段が備えたトランク数を T、空きトランク数の閾値を TH_T 、3 R 着ノードまでのホップ数の閾値を TH_H 、残存するラベル数を L、残存するラベル数の閾値を TH_L としたときに、

$T > TH_T$ かつ $(H < TH_H$ かつ $L < TH_L)$

ならば 3 R 中継を実施すると判断する手段を備えた

ことを特徴とする光ノード装置。

【請求項 2】 光信号を交換接続する手段を備えた光ノード装置において、

3 R 中継なしでデータ伝送できるあらかじめ設定された区間を 3 R 区間、当該 3 R 区間の始点となる光ノード装置を 3 R 発ノード、当該 3 R 区間の終点となる

光ノード装置を 3 R 着ノード、光パスの設定要求元となる光ノード装置を発ノード、当該光パスの終点となる光ノード装置を着ノードとそれぞれ定義し、

光パス設定要求には、発ノードから着ノードまでの交換接続の際に、発ノードから順に使用する波長を指定するラベルを含み、当該ラベルは、一つの波長が使用される毎に一つ削除され、

前記交換接続する手段は、波長変換手段または 3 R 中継手段を含み、

自己が属する 3 R 区間における自己と 3 R 着ノードとの間のホップ数 H の情報を保持する手段と、

自己が属する 3 R 区間における 3 R 発ノードから送出された光信号に対して自己が 3 R 中継を実施するか否かを自律的に判断する手段と

を備え、

この判断する手段は、

前記波長変換手段または前記 3 R 中継手段が備えたトランク数を T、空きトランク数の閾値を TH_T 、3 R 着ノードまでのホップ数の閾値を TH_H 、残存するラベル数を L、残存するラベル数の閾値を TH_L としたときに、

$T > TH_T$ かつ ($H < TH_H$ または $L < TH_L$)

ならば 3 R 中継を実施すると判断する手段を備えた

ことを特徴とする光ノード装置。

【請求項 3】 自己が着ノードを 3 R 着ノードとする 3 R 区間に属しているときには、前記判断する手段の判断結果によらず自己が 3 R 中継を実施しないと判断する手段を備えた請求項 1 または 2 記載の光ノード装置。

【請求項 4】 光信号を交換接続する手段を備えた光ノード装置において、

3 R 中継なしでデータ伝送できるあらかじめ設定された区間を 3 R 区間、当該 3 R 区間の始点となる光ノード装置を 3 R 発ノード、当該 3 R 区間の終点となる光ノード装置を 3 R 着ノード、光パスの設定要求元となる光ノード装置を発ノード、当該光パスの終点となる光ノード装置を着ノード、光パスが双方向の場合には発ノードから着ノードに向かう光パスを下り光パス、着ノードから発ノードに向かう光パスを上り光パスとそれぞれ定義し、

光パス設定要求には、発ノードから着ノードまでの交換接続の際に、発ノード

から順に使用する波長を指定するラベルを含み、当該ラベルは、一つの波長が設定される毎に一つ削除され、

前記交換接続する手段は、波長変換手段または 3 R 中継手段を含み、

上り光パスにおける自己が属する 3 R 区間における自己と 3 R 着ノードとの間のホップ数 H の情報を保持する手段と、

上り光パスにおける自己が属する 3 R 区間における 3 R 発ノードから送出された光信号に対して自己が 3 R 中継を実施するか否かを自律的に判断する手段と

を備え、

この判断する手段は、

前記波長変換手段または前記 3 R 中継手段が備えたトランク数を T、空きトランク数の閾値を TH_T 、3 R 着ノードまでのホップ数の閾値を TH_H 、残存するラベル数を L、残存するラベル数の閾値を TH_L としたときに、

$T > TH_T$ かつ ($H < TH_H$ かつ $L > TH_L$)

ならば 3 R 中継を実施すると判断する手段を備えた

ことを特徴とする光ノード装置。

【請求項 5】 光信号を交換接続する手段を備えた光ノード装置において、

3 R 中継なしでデータ伝送できるあらかじめ設定された区間を 3 R 区間、当該 3 R 区間の始点となる光ノード装置を 3 R 発ノード、当該 3 R 区間の終点となる光ノード装置を 3 R 着ノード、光パスの設定要求元となる光ノード装置を発ノード、当該光パスの終点となる光ノード装置を着ノード、光パスが双方向の場合には発ノードから着ノードに向かう光パスを下り光パス、着ノードから発ノードに向かう光パスを上り光パスとそれぞれ定義し、

光パス設定要求には、発ノードから着ノードまでの交換接続の際に、発ノードから順に使用する波長を指定するラベルを含み、当該ラベルは、一つの波長が設定される毎に一つ削除され、

前記交換接続する手段は、波長変換手段または 3 R 中継手段を含み、

上り光パスにおける自己が属する 3 R 区間における自己と 3 R 着ノードとの間のホップ数 H の情報を保持する手段と、

上り光パスにおける自己が属する 3 R 区間における 3 R 発ノードから送出され

た光信号に対して自己が 3 R 中継を実施するか否かを自律的に判断する手段とを備え、

この判断する手段は、

前記波長変換手段または前記 3 R 中継手段が備えたトランク数を T 、空きトランク数の閾値を TH_T 、3 R 着ノードまでのホップ数の閾値を TH_H 、残存するラベル数を L 、残存するラベル数の閾値を TH_L としたときに、

$T > TH_T$ かつ ($H < TH_H$ または $L > TH_L$)

ならば 3 R 中継を実施すると判断する手段を備えた

ことを特徴とする光ノード装置。

【請求項 6】 自己が発ノードを 3 R 着ノードとする 3 R 区間に属しているときには、前記判断する手段の判断結果によらず自己が 3 R 中継を実施しないと判断する手段を備えた請求項 4 または 5 記載の光ノード装置。

【請求項 7】 請求項 1 ないし 6 のいずれかに記載の光ノード装置により構成されたことを特徴とする光ネットワーク。

【請求項 8】 光信号を交換接続する光ノード装置における 3 R 中継実施ノードの決定方法において、

3 R 中継なしでデータ伝送できるあらかじめ設定された区間を 3 R 区間、当該 3 R 区間の始点となる光ノード装置を 3 R 発ノード、当該 3 R 区間の終点となる光ノード装置を 3 R 着ノード、光パスの設定要求元となる光ノード装置を発ノード、当該光パスの終点となる光ノード装置を着ノードとそれぞれ定義し、

光パス設定要求には、発ノードから着ノードまでの交換接続の際に、発ノードから順に使用する波長を指定するラベルを含み、当該ラベルは、一つの波長が使用される毎に一つ削除され、

前記光ノード装置が属する 3 R 区間における前記光ノード装置と 3 R 着ノードとの間のホップ数 H の情報を保持し、

前記光ノード装置が属する 3 R 区間における 3 R 発ノードから送出された光信号に対して前記光ノード装置が 3 R 中継を実施するか否かを自律的に判断する際に、波長変換または 3 R 中継を行う機能を有するトランク数を T 、空きトランク数の閾値を TH_T 、3 R 着ノードまでのホップ数の閾値を TH_H 、残存する

ラベル数を L 、残存するラベル数の閾値を TH_L としたときに、

$T > TH_T$ かつ ($H < TH_H$ かつ $L < TH_L$)

ならば 3 R 中継を実施すると判断する

ことを特徴とする 3 R 中継実施ノードの決定方法。

【請求項 9】 光信号を交換接続する光ノード装置における 3 R 中継実施ノードの決定方法において、

3 R 中継なしでデータ伝送できるあらかじめ設定された区間を 3 R 区間、当該 3 R 区間の始点となる光ノード装置を 3 R 発ノード、当該 3 R 区間の終点となる光ノード装置を 3 R 着ノード、光パスの設定要求元となる光ノード装置を発ノード、当該光パスの終点となる光ノード装置を着ノードとそれぞれ定義し、

光パス設定要求には、発ノードから着ノードまでの交換接続の際に、発ノードから順に使用する波長を指定するラベルを含み、当該ラベルは、一つの波長が使用される毎に一つ削除され、

前記光ノード装置が属する 3 R 区間における前記光ノード装置と 3 R 着ノードとの間のホップ数 H の情報を保持し、

前記光ノード装置が属する 3 R 区間における 3 R 発ノードから送出された光信号に対して前記光ノード装置が 3 R 中継を実施するか否かを自律的に判断する際に、波長変換または 3 R 中継を行う機能を有するトランク数を T 、空きトランク数の閾値を TH_T 、3 R 着ノードまでのホップ数の閾値を TH_H 、残存するラベル数を L 、残存するラベル数の閾値を TH_L としたときに、

$T > TH_T$ かつ ($H < TH_H$ または $L < TH_L$)

ならば 3 R 中継を実施すると判断する

ことを特徴とする 3 R 中継実施ノードの決定方法。

【請求項 10】 自己が着ノードを 3 R 着ノードとする 3 R 区間に属しているときには、前記判断結果によらず自己が 3 R 中継を実施しないと判断する請求項 8 または 9 記載の 3 R 中継実施ノードの決定方法。

【請求項 11】 光信号を交換接続する光ノード装置における 3 R 中継実施ノードの決定方法において、

3 R 中継なしでデータ伝送できるあらかじめ設定された区間を 3 R 区間、当該

3 R 区間の始点となる光ノード装置を 3 R 発ノード、当該 3 R 区間の終点となる光ノード装置を 3 R 着ノード、光パスの設定要求元となる光ノード装置を発ノード、当該光パスの終点となる光ノード装置を着ノード、光パスが双方向の場合には発ノードから着ノードに向かう光パスを下り光パス、着ノードから発ノードに向かう光パスを上り光パスとそれぞれ定義し、

光パス設定要求には、発ノードから着ノードまでの交換接続の際に、発ノードから順に使用する波長を指定するラベルを含み、当該ラベルは、一つの波長が設定される毎に一つ削除され、

上り光パスにおける自己が属する 3 R 区間における自己と 3 R 着ノードとの間のホップ数 H の情報を保持し、

上り光パスにおける自己が属する 3 R 区間における 3 R 発ノードから送出された光信号に対して自己が 3 R 中継を実施するか否かを自律的に判断する際に、波長変換または 3 R 中継を行う機能を備えたトランク数を T 、空きトランク数の閾値を TH_T 、3 R 着ノードまでのホップ数の閾値を TH_H 、残存するラベル数を L 、残存するラベル数の閾値を TH_L としたときに、

$$T > TH_T \text{ かつ } (H < TH_H \text{ かつ } L > TH_L)$$

ならば 3 R 中継を実施すると判断する

ことを特徴とする 3 R 中継実施ノードの決定方法。

【請求項 12】 光信号を交換接続する光ノード装置における 3 R 中継実施ノードの決定方法において、

3 R 中継なしでデータ伝送できるあらかじめ設定された区間を 3 R 区間、当該 3 R 区間の始点となる光ノード装置を 3 R 発ノード、当該 3 R 区間の終点となる光ノード装置を 3 R 着ノード、光パスの設定要求元となる光ノード装置を発ノード、当該光パスの終点となる光ノード装置を着ノード、光パスが双方向の場合には発ノードから着ノードに向かう光パスを下り光パス、着ノードから発ノードに向かう光パスを上り光パスとそれぞれ定義し、

光パス設定要求には、発ノードから着ノードまでの交換接続の際に、発ノードから順に使用する波長を指定するラベルを含み、当該ラベルは、一つの波長が設定される毎に一つ削除され、

上り光パスにおける自己が属する 3 R 区間における自己と 3 R 着ノードとの間のホップ数 H の情報を保持し、

上り光パスにおける自己が属する 3 R 区間における 3 R 発ノードから送出された光信号に対して自己が 3 R 中継を実施するか否かを自律的に判断する際に、波長変換または 3 R 中継を行う機能を備えたトランク数を T、空きトランク数の閾値を TH_T 、3 R 着ノードまでのホップ数の閾値を TH_H 、残存するラベル数を L、残存するラベル数の閾値を TH_L としたときに、

$T > TH_T$ かつ ($H < TH_H$ または $L > TH_L$)

ならば 3 R 中継を実施すると判断する

ことを特徴とする 3 R 中継実施ノードの決定方法。

【請求項 13】 自己が発ノードを 3 R 着ノードとする 3 R 区間に属しているときには、前記判断結果によらず自己が 3 R 中継を実施しないと判断する請求項 11 または 12 記載の 3 R 中継実施ノードの決定方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は光信号を交換接続する光ネットワークに利用する。特に、3 R (Reshaping, Retiming, Regenerating) 中継を行う光ノード装置を含む光ネットワークに関する。

【0002】

【従来の技術】

光ネットワークでは、ファイバの損失やロス、クロストークを考慮して光伝送路の途中で 3 R 中継を施す必要がある。従来の光ネットワーク構成を図 8 に示す。3 R 中継を施すためには光伝送路途中の光ノード装置に 3 R 中継器を挿入する。実際には、3 R 中継を行わなくてもある程度の距離まで伝送可能であるので、全ての光ノード装置に 3 R 中継器を設置しなくてもよいはずであるが、3 R 中継を行わなくても伝送可能な距離は、光ノード装置が有する光デバイスの性能、光ノード装置間の光ファイバの材質、あるいは、使用波長などにより異なるため、その距離は一律には定まらず、光ネットワーク全体にわたり 3 R 中継を行わなく

でも伝送可能な距離を求める効率的な方法がなく、従来は、図8に示すように、各段毎に3R中継器を挿入し、如何なるルートにパスが設定されても光信号の劣化を補うことができるようにしている（例えば、非特許文献1、2、3参照）。

【0003】

【非特許文献1】

大木英司、島崎大作、塩本公平、松浦伸昭、今宿互、山中直明、「分散制御によるダイナミック波長変換GMPLSネットワークの性能評価」、信学技報、社団法人電子情報通信学会、2002年2月、p. 5-10

【非特許文献2】

Ken-ichi Sato, Naoaki Yamanaka, Yoshihiro Takigawa, Masafumi Koga, Satoru Okamoto, Kohei Shiimoto, Eiji Oki, Wataru Imajuku, "GMPLS-Based Photonic Multilayer Router (Hikari Router) Architecture: An Overview of Traffic Engineering and Signaling Technology", IEEE Communications Magazine, March 2002, p. 96-101

【非特許文献3】

Eiji Oki, Daisaku Shimazaki, Kohei Shiimoto, Nobuaki Matsuura, Wataru Imajuku, Naoaki Yamanaka, "Performance of Distributed-Controlled Dynamic Wavelength-Conversion GMPLS Networks", First International Conference on Optical Communications and Networks 2002, November 11-14, 2002, Shangri-La Hotel, Singapore

【0004】

【発明が解決しようとする課題】

3R中継器は高価であり、この3R中継器をできるだけ使用しないと光ネットワークはきわめて経済的に実現できる。しかし、従来は、3R中継を行わなくても伝送可能な距離を光ネットワーク全体にわたり求める有効な方法がないため、3R中継器を備えなくてもよい箇所を求めることができない。

【0005】

さらに、従来は、各光ノード装置で、当該光ノード装置を経由する全ての光パスについて3R中継を施しており、このためには、3R中継器の3R中継能力も

多数の光パスに対して同時に 3 R 中継を行える能力が必要になり、低コスト化を図ることが困難である。

【0006】

本発明は、このような背景に行われたものであって、必要最小数あるいは必要最小能力の 3 R 中継器を用いてネットワークリソースの有効利用を図り、経済的な光ネットワークを構成することができる光ノード装置および光ネットワークを提供することを目的とする。

【0007】

【課題を解決するための手段】

本発明は、3 R 中継を行わずにデータ伝送できる区間である 3 R 区間を効率的に利用することにより、3 R 中継を必要としない箇所に 3 R 中継器を設置する無駄を省き、ネットワークリソースの有効利用を図り、光ネットワークのコストを安価にすることができる。あるいは、3 R 中継が必要となる箇所を特定することにより、3 R 中継器を備えた光ノード装置を経由する複数の光パスの中から真に当該光ノード装置で 3 R 中継を必要としている光パスを抽出し、当該光パスに対してだけ、3 R 中継を施すことができるため、3 R 中継器の能力を小さくすることができるので、ネットワークリソースの有効利用を図り、光ネットワークのコストを安価にすることができる。

【0008】

なお、以下の説明では、3 R 中継なしでデータ伝送できるあらかじめ設定された区間を 3 R 区間、当該 3 R 区間の始点となる光ノード装置を 3 R 発ノード、当該 3 R 区間の終点となる光ノード装置を 3 R 着ノード、光パスの設定要求元となる光ノード装置を発ノード、当該光パスの終点となる光ノード装置を着ノード、発ノードから着ノードへ向かう方向の光パスを下り光パス、着ノードから発ノードへ向かう方向の光パスを上り光パスとそれぞれ定義する。

【0009】

すなわち、本発明の第一の観点は、光信号を交換接続する光ノード装置であって、本発明の特徴とするところは、光パス設定要求には、発ノードから着ノードまでの交換接続の際に、発ノードから順に使用する波長を指定するラベルを含み

、当該ラベルは、一つの波長が使用される毎に一つ削除され、前記交換接続する手段は、波長変換手段または 3 R 中継手段を含み、自己が属する 3 R 区間における自己と 3 R 着ノードとの間のホップ数 H の情報を保持する手段と、自己が属する 3 R 区間における 3 R 発ノードから送出された光信号に対して自己が 3 R 中継を実施するか否かを自律的に判断する手段とを備え、この判断する手段は、前記波長変換手段または前記 3 R 中継手段が備えたトランク数を T 、空きトランク数の閾値を TH_T 、3 R 着ノードまでのホップ数の閾値を TH_H 、残存するラベル数を L 、残存するラベル数の閾値を TH_L としたときに、

$T > TH_T$ かつ ($H < TH_H$ かつ $L < TH_L$)

あるいは、

$T > TH_T$ かつ ($H < TH_H$ または $L < TH_L$)

ならば 3 R 中継を実施すると判断する手段を備えたところにある。

【0010】

なお、自己が着ノードを 3 R 着ノードとする 3 R 区間に属しているときには、前記判断する手段の判断結果によらず自己が 3 R 中継を実施しないと判断する手段を備えることが望ましい。

【0011】

また、本発明の光ノード装置は、光パスが双方向の場合には発ノードから着ノードに向かう光パスを下り光パス、着ノードから発ノードに向かう光パスを上り光パスとそれぞれ定義し、光パス設定要求には、発ノードから着ノードまでの交換接続の際に、発ノードから順に使用する波長を指定するラベルを含み、当該ラベルは、一つの波長が設定される毎に一つ削除され、前記交換接続する手段は、波長変換手段または 3 R 中継手段を含み、上り光パスにおける自己が属する 3 R 区間における自己と 3 R 着ノードとの間のホップ数 H の情報を保持する手段と、上り光パスにおける自己が属する 3 R 区間における 3 R 発ノードから送出された光信号に対して自己が 3 R 中継を実施するか否かを自律的に判断する手段とを備え、この判断する手段は、前記波長変換手段または前記 3 R 中継手段が備えたトランク数を T 、空きトランク数の閾値を TH_T 、3 R 着ノードまでのホップ数の閾値を TH_H 、残存するラベル数を L 、残存するラベル数の閾値を TH_L

としたときに、

$$T > TH_T \text{ かつ } (H < TH_H \text{ かつ } L > TH_L)$$

または

$$T > TH_T \text{ かつ } (H < TH_H \text{ または } L > TH_L)$$

ならば 3R 中継を実施すると判断する手段を備えたことを特徴とする。

【0012】

自己が発ノードを 3R 着ノードとする 3R 区間に属しているときには、前記判断する手段の判断結果によらず自己が 3R 中継を実施しないと判断する手段を備えることが望ましい。

【0013】

本発明の第二の観点は、本発明の光ノード装置により構成されたことを特徴とする光ネットワークである。

【0014】

本発明の第三の観点は、光信号を交換接続する光ノード装置における 3R 中継実施ノードの決定方法であって、本発明の特徴とするところは、光パス設定要求には、発ノードから着ノードまでの交換接続の際に、発ノードから順に使用する波長を指定するラベルを含み、当該ラベルは、一つの波長が使用される毎に一つ削除され、前記光ノード装置が属する 3R 区間における前記光ノード装置と 3R 着ノードとの間のホップ数 H の情報を保持し、前記光ノード装置が属する 3R 区間における 3R 発ノードから送出された光信号に対して前記光ノード装置が 3R 中継を実施するか否かを自律的に判断する際に、前記波長変換または前記 3R 中継を行う機能を有するトランク数を T、空きトランク数の閾値を TH_T 、3R 着ノードまでのホップ数の閾値を TH_H 、残存するラベル数を L、残存するラベル数の閾値を TH_L としたときに、

$$T > TH_T \text{ かつ } (H < TH_H \text{ かつ } L < TH_L)$$

あるいは、

$$T > TH_T \text{ かつ } (H < TH_H \text{ または } L < TH_L)$$

ならば 3R 中継を実施すると判断するところにある。

【0015】

なお、自己が着ノードを 3 R 着ノードとする 3 R 区間に属しているときには、前記判断結果によらず自己が 3 R 中継を実施しないと判断することが望ましい。

【0016】

また、本発明の 3 R 中継実施ノードの決定方法は、光パスが双方向光パスの場合には、発ノードから着ノードに向かう光パスを下り光パス、着ノードから発ノードに向かう光パスを上り光パスとそれぞれ定義し、光パス設定要求には、発ノードから着ノードまでの交換接続の際に、発ノードから順に使用する波長を指定するラベルを含み、当該ラベルは、一つの波長が設定される毎に一つ削除され、上り光パスにおける自己が属する 3 R 区間における自己と 3 R 着ノードとの間のホップ数 H の情報を保持し、上り光パスにおける自己が属する 3 R 区間における 3 R 発ノードから送出された光信号に対して自己が 3 R 中継を実施するか否かを自律的に判断する際に、波長変換または 3 R 中継を行う機能を備えたトランク数を T 、空きトランク数の閾値を TH_T 、3 R 着ノードまでのホップ数の閾値を TH_H 、残存するラベル数を L 、残存するラベル数の閾値を TH_L としたときに、

$$T > TH_T \text{ かつ } (H < TH_H \text{ かつ } L > TH_L)$$

または

$$T > TH_T \text{ かつ } (H < TH_H \text{ または } L > TH_L)$$

ならば 3 R 中継を実施すると判断することを特徴とする。

【0017】

自己が発ノードを 3 R 着ノードとする 3 R 区間に属しているときには、前記判断結果によらず自己が 3 R 中継を実施しないと判断することが望ましい。

【0018】

すなわち、自光ノード装置が 3 R 着ノードではないが、わずかな数ホップ先が 3 R 着ノードであり、自己の 3 R トランクの処理能力に余裕がある場合には、自己が 3 R 着ノードに代わって 3 R 中継を実施することにより、3 R 着ノード（すなわち次 3 R 区間の 3 R 発ノード）に相当する光ノード装置の 3 R 中継負荷を軽減させることができる。

【0019】

また、3 R 中継には、3 R 中継に特化された 3 R 中継器を用いるだけでなく、光信号を一旦電気信号に変換して再び光信号に変換する波長変換器を 3 R 中継に利用することもできる。この場合には、光パス設定要求に、発ノードから着ノードまでの交換接続の際に、発ノードから順に使用する波長を指定するラベルを含んでおり、また、このラベルは、一つの波長が使用される毎に一つ削除されることから、残存するラベル数を調べることで、着ノードまでの距離を推測することができる。このため、本発明では、残存するラベル数も利用する。

【0020】

すなわち、3 R 着ノードの手前にある光ノード装置が 3 R 着ノードが行うべき 3 R 中継を肩代わりするのであるから、本来の 3 R 区間が短縮されることもある。したがって、このような肩代わりを無秩序に行うと、発ノードから着ノードまでの間に行われる 3 R 中継実施回数を増加させる場合もあって望ましくない。そこで、本発明では、3 R 中継能力、3 R 着ノードまでのホップ数、残存するラベル数に着目し、これらに閾値を設けて秩序を与え、前記肩代わりを行うことによる発ノードから着ノードまでの間の 3 R 中継実施回数の増加を抑えることにした。

【0021】

このときに用いる判断ポリシの一つは、

$$T > TH_T \text{ かつ } (H < TH_H \text{ かつ } L < TH_L)$$

である。すなわち、3 R 中継能力に十分な余裕がある光ノード装置において、3 R 着ノードまでのホップ数と、着ノードまでの距離との双方に着目し、いずれも閾値未満のときに、前記肩代わりを実施する。

【0022】

他の一つは、

$$T > TH_T \text{ かつ } (H < TH_H \text{ または } L < TH_L)$$

である。すなわち、前者と同様に、3 R 中継能力に十分な余裕がある光ノード装置において、3 R 着ノードまでのホップ数と、着ノードまでの距離との双方に着目するが、着ノードまでの距離が遠くても、3 R 着ノードまでのホップ数が小さければ、前記肩代わりを実施する。

【0023】

両者を比較すると、前者は、3R着ノードおよび着ノードの双方共に近い位置からしか前記肩代わりを実施しない。したがって、着ノードが近付いた時点から前記肩代わりを実施する。後者は、3R着ノードまでのホップ数が閾値未満であれば、着ノードまでの距離が遠くても前記肩代わりを実施する。したがって、後者は、前者よりも多数の光ノード装置が前記肩代わりを実施する対象となり得る。

【0024】

前者は、着ノードが近付いた時点から前記肩代わりを実施するので、発ノードから着ノードまでの間の3R実施回数が増加する可能性は後者と比べて低い利点がある。また、後者は、前記肩代わりを実施する光ノード装置を光パス上の随所で設定できるので、効率良く前記肩代わりを実施できる利点がある。それぞれ異なる利点を有するので、光ネットワークの状況に応じて前者または後者を適宜選択することが望ましい。

【0025】

また、自己が着ノードを3R着ノードとする3R区間に属しているときには、自己が3R中継を実施しないと判断することが望ましい。すなわち、着ノードに相当する光ノード装置は、3R中継を実施する必要のない光ノード装置である。故に、そのような3R中継を実施する必要のない光ノード装置に対して前記肩代わりを配慮する必要はない。

【0026】

さらに、光パスが双方向光パスの場合に、上り光パスでは、発ノード寄りが3R着ノードとなり、着ノード寄りが3R発ノードとなり、3R中継を実施する光ノード装置が設定される。よって、残存するラベル数と閾値との間の不等号の向きは下り光パスの場合と比較すると逆向きになる。実際の双方向光パス設定の際には、下りおよび上り光パスの両方について同時に3R中継を実施する光ノード装置が設定される。

【0027】

この場合には、自己が発ノードを3R着ノードとする3R区間に属していると

きには、自己が3 R中継を実施しないと判断することが望ましい。すなわち、発ノードに相当する光ノード装置は、上り光パスにおいては3 R中継を実施する必要のない光ノード装置である。故に、そのような3 R中継を実施する必要のない光ノード装置に対して前記肩代わりを配慮する必要はない。

【0028】

【発明の実施の形態】

本発明実施例を説明するのに先立って、3 R区間、3 R発ノード、3 R着ノードの表記について図1ないし図3を参照して説明する。図1は3 R発ノード、3 R着ノード、3 R区間の表記を説明するための図である。図2は3 R区間の性質を説明するための図である。図3は光ネットワークのトポロジ情報に対応した3 R区間情報の一例を示す図である。図1に示すように、本実施例では、3 R発ノードを黒く塗り潰した丸、3 R着ノードをハッチングを施した丸で表記する。

【0029】

また、光ノード装置2と光ノード装置5との間が3 R区間であるが、その間に含まれる全ての光ノード装置2、3、4、5相互間もまた3 R区間であるとは限らない。その理由は、各光ノード装置の有する発光素子および受光素子の能力は同一とは限らないからである。

【0030】

すなわち、光ノード装置2の発光素子から発射された光信号が光ノード装置5の受光素子により途中における3 R中継の必要無く受光された場合に、例えば、光ノード装置3の発光素子は光ノード装置2の発光素子と比較して半分以下の光信号強度しか出力できないとしたら、光ノード装置3と5との間は、必ずしも3 R区間にはならない。あるいは、光ノード装置4の受光素子は、光ノード装置5の受光素子と比較して半分以下の受光感度しか持たないとしたら、光ノード装置2と4との間は、必ずしも3 R区間にはならない。また、光ノード装置5を3 R発ノードとし、光ノード装置2を3 R着ノードとした区間についても、上り下りで必ずしも同じ発光素子または受光素子を用いているとは限らず、光信号強度または受光感度が異なる場合があり、必ずしも3 R区間にはならない。したがって、図2に示すように、3 R区間の表記は、他の3 R区間と一部または全部が重複

して表記される場合もある。

【0031】

このようにして設定された3R区間情報は、図3に示すように、光ネットワークのトポロジ情報に対応して表記される。図3の例では、3R発ノードとして、光ノード装置1、3、11、13が指定されている。このような3R発ノードの指定は、光ネットワークの管理者が行うものであり、例えば、トラヒック需要が多い光パスの発ノードが3R発ノードとして指定される。

【0032】

なお、隣接する光ノード装置間の1ホップの区間は、明らかに3R区間として機能するが、本発明では、あらかじめ指定した3R発ノードと3R着ノードとの間を3R区間として設定する。また、あらかじめ3R区間が設定されていない光ノード装置間に光パスを設定する際には、臨時に3R区間を設定する必要がある場合もあるが、そのような場合には、所定の判断ポリシーに基づき一時的に3R区間を設定する。このような場合には、自明の3R区間として1ホップずつ3R区間を設定する。

【0033】

また、発ノードと着ノードとの間を同一波長で結ぶことができれば、波長変換が不要となり、波長変換リソースを最も有効に利用できるが、波長の使用状況は、光ネットワーク全体の波長使用状況に応じ、その時々で変化するため、光パス設定要求時点の波長空き状況に応じて波長変換を行う光ノード装置を決定するしかない。

【0034】

しかし、あらかじめ必ず波長変換を必要とする光ノード装置がわかっている場合には、当該光ノード装置を3R発ノードとすることがよい。あらかじめ必ず波長変換を必要とする光ノード装置が判っている場合とは、例えば、ある光ノード装置の持つ波長変換リソースの内容が、前ホップの光ノード装置の持つ波長変換リソースの内容と異なり、ハードウェア的に同一波長での光パス設定が不可能である場合などである。

【0035】

(第一実施例)

第一実施例の光ノード装置を図4ないし図6を参照して説明する。図4は本実施例の光ノード装置の要部ブロック構成図である。図5は本実施例の3R中継実施ノード判断方法を説明するための図である。図6は第一および第二実施例の光ノード装置の動作を説明するための図である。

【0036】

光パス設定要求には、発ノードから着ノードまでの交換接続の際に、発ノードから順に使用する波長を指定するラベルを含み、当該ラベルは、一つの波長が使用される毎に一つ削除される。

【0037】

交換接続は、発ノードから着ノードまでの光パス上で、できる限り少ない波長数で交換接続するというポリシーに基づき交換接続を行う。すなわち、発ノードから着ノードまでが一つの波長で結ばれることを最良とし、途中、空き波長が存在しない場合にのみ波長変換を行い、他の波長を用いる。波長変換トランクは、このような交換接続のための波長変換を行うが、波長変換によって光信号はいったん電気信号に変換され、再び光信号に変換されるので、3R中継も同時に行われる。また、波長変換の必要のない箇所で3R中継を実施する必要がある場合には、波長変換トランクにより、入出力が同一波長となる波長変換を行う。

【0038】

また、発ノードから着ノードまでの間に使用する波長を決定する方法としては、光ネットワークのトポロジ情報に基づき、その時々で変化する光ネットワークの波長使用状況を参照し、発ノードから着ノードまでの波長変換プランを立案し、使用する波長を表示したラベルを発ノードからの光パス設定要求に搭載する。

【0039】

途中の光ノード装置では、当該ラベルを参照し、自光ノード装置が波長変換を実施するか否か判断し、波長変換を実施する必要がある場合には、自光ノード装置の波長変換リソースを確保する。なお、自光ノード装置が波長変換を行う場合には、光パス設定要求に搭載された変換する波長に相当するラベルは削除して次ホップの隣接光ノード装置に光パス設定要求を送出する。

【0040】

本実施例では、3R 区間情報保持部 20 に、必要な情報を保持しているとして説明するが、図外の網制御装置が必要な情報を保持しており、発ノードが光パス設定要求を行う際に、網制御装置から必要な情報を取得し、波長変換プランを立案する構成としてもよい。

【0041】

すなわち、本実施例の光ノード装置は、図 4 に示すように、自己が属する 3R 区間における自己と 3R 着ノードとの間のホップ数 H の情報を保持する 3R 区間情報保持部 20 と、自己が属する 3R 区間における 3R 発ノードから送出された光信号に対して自己が 3R 中継を実施するか否かを自律的に判断する 3R 中継実施判断部 21 とを備え、この 3R 中継実施判断部 21 は、自己が備えた波長変換トランク数を T 、空き 3R トランク数の閾値を TH_T 、3R 着ノードまでのホップ数の閾値を TH_H 、残存するラベル数を L 、残存するラベル数の閾値を TH_L としたときに、

$T > TH_T$ かつ ($H < TH_H$ かつ $L < TH_L$)

ならば 3R 中継を実施すると判断することを特徴とする。なお、自己が着ノードを 3R 着ノードとする 3R 区間に属しているときには、3R 中継実施判断部 21 は、自己が 3R 中継を実施しないと判断する。

【0042】

次に、第一実施例の光ノード装置の動作を図 5 および図 6 を参照して説明する。図 5 に示すように、各光ノード装置は、光信号を交換接続するためのスイッチ部 30 と、複数の波長変換トランク 40 を備えている。図 6 の例では、発ノードである光ノード装置 #1 から着ノードである光ノード装置 #10 までの間に、光パスを設定する。

【0043】

当該光パス上に設定された 3R 区間は、光ノード装置 #1 を 3R 発ノードとし、光ノード装置 #5 を 3R 着ノードとする区間、光ノード装置 #2 を 3R 発ノードとし、光ノード装置 #5 を 3R 着ノードとする区間、光ノード装置 #4 を 3R 発ノードとし、光ノード装置 #7 を 3R 着ノードとする区間、光ノード装置 #5

を 3 R 発ノードとし、光ノード装置 # 8 を 3 R 着ノードとする区間、光ノード装置 # 7 を 3 R 発ノードとし、光ノード装置 # 10 を 3 R 着ノードとする 3 R 区間、光ノード装置 # 8 を 3 R 発ノードとし、光ノード装置 # 10 を 3 R 着ノードとする 3 R 区間、光ノード装置 # 9 を 3 R 発ノードとし、光ノード装置 # 10 を 3 R 着ノードとする 3 R 区間である。

【0044】

また、各光ノード装置が有する波長変換トランク数は、光ノード装置 # 1、# 2、# 3、# 4、# 5、# 6、# 7、# 9 はそれぞれ 5 個、光ノード装置 # 8、# 10 はそれぞれ 10 個とする。

【0045】

ここで、発ノードを光ノード装置 # 1 とし、着ノードを光ノード装置 # 10 とする光パスが設定される場合に、最も 3 R 実施回数が少なくなるように、光ノード装置 # 1 が 3 R 発ノードであるときの 3 R 着ノードを光ノード装置 # 5 とし、また、光ノード装置 # 5 を 3 R 発ノードとしたときの 3 R 着ノードを光ノード装置 # 8 とし、また、光ノード装置 # 8 を 3 R 発ノードとしたときの 3 R 着ノードを光ノード装置 # 10 とする 3 R 区間をリレーすることが最良である。

【0046】

光ノード装置 # 1 から光ノード装置 # 2 に対して光パス設定要求が送出される。この光パス設定要求には、経路途中で必要となる波長変換を表示する複数のラベル（ラベルセット）が搭載されている。図 6 の例では、光ノード装置 # 1 と光ノード装置 # 3 との間は、波長 λ_1 が用いられ、ラベル L 1 が用いられる。光ノード装置 # 3 と光ノード装置 # 5 との間は、波長 λ_2 が用いられ、ラベル L 2 が用いられる。光ノード装置 # 5 と光ノード装置 # 7 との間は、波長 λ_3 が用いられ、ラベル L 3 が用いられる。光ノード装置 # 7 と光ノード装置 # 10 との間は、波長 λ_4 が用いられ、ラベル L 4 が用いられる。

【0047】

光ノード装置 # 1 は、発ノードであり 3 R 発ノードであるので、初めから 3 R 中継を実施すると判断する。

【0048】

光ノード装置#1からの光パス設定要求を受け取った光ノード装置#2は、自己が波長 λ_1 による光パス設定が可能であることを認識しており、ラベルL1 (λ_1) によって光パスを設定することを判断すると共に、3R中継を実施するかどうかを

$T > TH_T$ かつ ($H < TH_H$ かつ $L < TH_L$)

により判断する。ここで、 $TH_T = 4$ 、 $TH_H = 2$ 、 $TH_L = 1$ とする。

【0049】

光ノード装置2の波長変換トランク数は5個であるから、

$T > TH_T$

は満足する。続いて、

$H < TH_H$

は、光ノード装置#2から3R着ノードである光ノード装置#5までは3ホップあるので満足しない。したがって、光ノード装置#2は3R中継を実施しないと判断する。

【0050】

光ノード装置#2からの光パス設定要求を受け取った光ノード装置#3は、自己が波長 λ_1 による光パス設定が不可能であることを認識しており、ラベルL2 (λ_2) によって光パスを設定することを判断する。また、自己は3R発ノードではないので、初めから3R中継を実施しないと判断する。

【0051】

光ノード装置#3からの光パス設定要求を受け取った光ノード装置#4は、自己が波長 λ_2 による光パス設定が可能であることを認識しており、ラベルL2 (λ_2) によって光パスを設定することを判断すると共に、3R中継を実施するかどうかを

$T > TH_T$ かつ ($H < TH_H$ かつ $L < TH_L$)

により判断する。光ノード装置#4の波長変換トランク数は5個であるから、

$T > TH_T$

は満足する。続いて、

$H < TH_H$

は、光ノード装置#4から3R着ノードである光ノード装置#5まで1ホップなので満足する。続いて、

$$L < TH_L$$

は、光ノード装置#4ではラベルL2を使用するので、残存するラベル数はL3およびL4の2枚となり満足しない。そこで光ノード装置#4は3R中継を実施しないと判断する。

【0052】

光ノード装置#4からの光パス設定要求を受け取った光ノード装置#5は、自己が波長 λ_2 による光パス設定が不可能であることを認識しており、ラベルL3(λ_3)によって光パスを設定することを判断する。また、光ノード装置#5は、光ノード装置#1を3R発ノードとしたときの3R着ノードなので、次3R区間の3R発ノードであり、さらに、自己の前ホップの光ノード装置#2、#3、#4のいずれもが3R中継を肩代わりしていないことを認識し、初めから光ノード装置#5は3R中継を実施すると判断する。

【0053】

光ノード装置#5からの光パス設定要求を受け取った光ノード装置#6は、自己が波長 λ_3 による光パス設定が可能であることを認識しており、ラベルL3(λ_3)によって光パスを設定することを判断する。また、自己は3R発ノードではないので、初めから3R中継を実施しないと判断する。

【0054】

光ノード装置#6からの光パス設定要求を受け取った光ノード装置#7は、自己が波長 λ_3 による光パス設定が不可能であることを認識しており、ラベルL4(λ_4)によって光パスを設定することを判断すると共に、3R中継を実施するか否かを

$$T > TH_T \text{ かつ } (H < TH_H \text{ かつ } L < TH_L)$$

により判断する。光ノード装置#7の波長変換トラシク数は5個であるから、

$$T > TH_T$$

は満足する。続いて、

$$H < TH_H$$

は、光ノード装置# 7 から 3 R 着ノードである光ノード装置# 8 まで 1 ホップなので満足する。続いて、

$L < TH_L$

は、光ノード装置# 7 ではラベル L_4 を使用するので、残存するラベル数は 0 枚となり満足する。そこで光ノード装置# 7 は 3 R 中継を実施すると判断する。また、光ノード装置# 7 は、光ノード装置# 8 に代わって 3 R 中継を実施する旨のメッセージを他光ノード装置に伝達する。

【0055】

光ノード装置# 7 からの光パス設定要求を受け取った光ノード装置# 8 は、自己が波長 λ_4 による光パス設定が可能であることを認識しており、ラベル L_4 (λ_4) によって光パスを設定することを判断する。また、光ノード装置# 8 は、光ノード装置# 5 を 3 R 発ノードとしたときの 3 R 着ノードであり、本来は 3 R 中継を実施するが、光ノード装置# 7 から、光ノード装置# 7 が自己に代わって 3 R 中継を実施する旨のメッセージを受け取り、3 R 中継を実施しないと判断する。

【0056】

光ノード装置# 8 からの光パス設定要求を受け取った光ノード装置# 9 は、自己が波長 λ_4 による光パス設定が可能であることを認識しており、ラベル L_4 (λ_4) によって光パスを設定することを判断する。また、光ノード装置# 9 は 3 R 発ノードであるが、次ホップが着ノードであり、自己が着ノードを 3 R 着ノードとする 3 R 区間に属しているときには、自己が 3 R 中継を実施しないと判断するので、光ノード装置# 9 は 3 R 中継を実施しないと判断する。

【0057】

光ノード装置# 9 からの光パス設定要求を受け取った光ノード装置# 10 は、自己が波長 λ_4 による光パス設定が可能であることを認識しており、ラベル L_4 (λ_4) によって光パスを設定することを判断する。また、光ノード装置# 10 は着ノードなので、3 R 中継を実施しないと判断する。

【0058】

これにより、光ノード装置# 1、# 5、# 7 によって 3 R 中継が実施される。

光ノード装置#7が光ノード装置#8の3R中継を肩代わりしたことになる。

【0059】

(第二実施例)

第二実施例の光ノード装置の動作を説明する。なお、第二実施例の光ノード装置の要部ブロック構成図は、図4に示した第一実施例と共通である。また、第二実施例の光ノード装置の動作を説明するための図は、図6に示した第一実施例と共通である。

【0060】

図6の例では、発ノードである光ノード装置#1から着ノードである光ノード装置#10までの間に、光パスを設定する。当該光パス上に設定された3R区間は、光ノード装置#1を3R発ノードとし、光ノード装置#5を3R着ノードとする区間、光ノード装置#2を3R発ノードとし、光ノード装置#5を3R着ノードとする区間、光ノード装置#4を3R発ノードとし、光ノード装置#7を3R着ノードとする区間、光ノード装置#5を3R発ノードとし、光ノード装置#8を3R着ノードとする区間、光ノード装置#7を3R発ノードとし、光ノード装置#10を3R着ノードとする3R区間、光ノード装置#8を3R発ノードとし、光ノード装置#10を3R着ノードとする3R区間、光ノード装置#9を3R発ノードとし、光ノード装置#10を3R着ノードとする3R区間である。

【0061】

また、各光ノード装置が有する波長変換トランク数は、光ノード装置#1、#2、#3、#4、#5、#6、#7、#9がそれぞれ5個とし、光ノード装置#8、#10がそれぞれ10個とする。

【0062】

ここで、発ノードを光ノード装置#1とし、着ノードを光ノード装置#10とする光パスが設定される場合に、最も3R実施回数が少なくなるように、光ノード装置#1が3R発ノードであるときの3R着ノードを光ノード装置#5とし、また、光ノード装置#5を3R発ノードとしたときの3R着ノードを光ノード装置#8とし、また、光ノード装置#8を3R発ノードとしたときの3R着ノードを光ノード装置#10とする3R区間をリレーすることが最良である。

【0063】

光ノード装置#1から光ノード装置#2に対して光パス設定要求が送出される。この光パス設定要求には、経路途中で必要となる波長変換を表示する複数のラベル（ラベルセット）が搭載されている。図6の例では、光ノード装置#1と光ノード装置#3との間は、波長 λ_1 が用いられ、ラベルL1が用いられる。光ノード装置#3と光ノード装置#5との間は、波長 λ_2 が用いられ、ラベルL2が用いられる。光ノード装置#5と光ノード装置#7との間は、波長 λ_3 が用いられ、ラベルL3が用いられる。光ノード装置#7と光ノード装置#10との間は、波長 λ_4 が用いられ、ラベルL4が用いられる。

【0064】

光ノード装置#1は発ノードであり3R発ノードであるので3R中継を実施すると判断する。

【0065】

光ノード装置#1からの光パス設定要求を受け取った光ノード装置#2は、自己が波長 λ_1 による光パス設定が可能であることを認識しており、ラベルL1（ λ_1 ）によって光パスを設定することを判断すると共に、3R中継を実施する可否かを

$$T > TH_T \text{ かつ } (H < TH_H \text{ または } L < TH_L)$$

により判断する。ここで、 $TH_T=4$ 、 $TH_H=2$ 、 $TH_L=1$ とする。

【0066】

光ノード装置2の波長変換トランク数は5個であるから、

$$T > TH_T$$

は満足する。続いて、

$$H < TH_H$$

は、3R着ノードである光ノード装置#5まで3ホップなので満足しない。続いて、

$$L < TH_L$$

は、残存するラベル数は、L2、L3、L4の3枚なので満足しない。したがって、光ノード装置#2は3R中継を実施しないと判断する。

【0067】

光ノード装置#2からの光パス設定要求を受け取った光ノード装置#3は、自己が波長 λ_1 による光パス設定が不可能であることを認識しており、ラベルL2 (λ_2) によって光パスを設定することを判断する。また、自己は3R発ノードではないので、初めから3R中継を実施しないと判断する。

【0068】

光ノード装置#3からの光パス設定要求を受け取った光ノード装置#4は、自己が波長 λ_2 による光パス設定が可能であることを認識しており、ラベルL2 (λ_2) によって光パスを設定することを判断すると共に、3R中継を実施する可否かを

$T > TH_T$ かつ ($H < TH_H$ または $L < TH_L$)

により判断する。光ノード装置#4の波長変換バンク数は5個であるから、

$T > TH_T$

は満足する。続いて、

$H < TH_H$

は、光ノード装置#4から3R着ノードである光ノード装置#5まで1ホップなので満足する。そこで光ノード装置#4は3R中継を実施すると判断する。また、光ノード装置#4は、光ノード装置#5に代わって3R中継を実施する旨のメッセージを他光ノード装置に伝達する。

【0069】

光ノード装置#4からの光パス設定要求を受け取った光ノード装置#5は、自己が波長 λ_3 による光パス設定が可能であることを認識しており、ラベルL3 (λ_3) によって光パスを設定することを判断する。また、光ノード装置#5は、光ノード装置#1を3R発ノードとしたときの3R着ノードであり、本来は3R中継を実施するが、光ノード装置#4から、光ノード装置#4が自己に代わって3R中継を実施する旨のメッセージを受け取り、3R中継を実施しないと判断する。

【0070】

光ノード装置#5からの光パス設定要求を受け取った光ノード装置#6は、自

己が波長 $\lambda 3$ による光パス設定が可能であることを認識しており、ラベルL3 ($\lambda 3$) によって光パスを設定することを判断する。また、自己は3R発ノードではないので、初めから3R中継を実施しないと判断する。

【0071】

光ノード装置#6からの光パス設定要求を受け取った光ノード装置#7は、自己が波長 $\lambda 3$ による光パス設定が不可能であることを認識しており、ラベルL4 ($\lambda 4$) によって光パスを設定することを判断すると共に光ノード装置#4が光ノード装置#5に代わって3R中継を実施した旨のメッセージを受け取り、光ノード装置#4が3R発ノードであれば光ノード装置#7が3R着ノードであると共に次3R区間の3R発ノードであることがわかるので、光ノード装置#7は3R中継を実施すると判断する。また、光ノード装置#7は、自己が3R中継を実施する旨のメッセージを他光ノード装置に伝達する。

【0072】

光ノード装置#7からの光パス設定要求を受け取った光ノード装置#8は、自己が波長 $\lambda 4$ による光パス設定が可能であることを認識しており、ラベルL4 ($\lambda 4$) によって光パスを設定することを判断する。また、光ノード装置#7から光ノード装置#7が3R中継を実施する旨のメッセージを受け取り、光ノード装置#7を3R発ノードとして光ノード装置#10を3R着ノードとする3R区間内に属していることを認識し、初めか3R中継を実施しないと判断する。

【0073】

光ノード装置#8からの光パス設定要求を受け取った光ノード装置#9は、自己が波長 $\lambda 4$ による光パス設定が可能であることを認識しており、ラベルL4 ($\lambda 4$) によって光パスを設定することを判断する。また、光ノード装置#7から光ノード装置#7が3R中継を実施する旨のメッセージを受け取り、光ノード装置#7を3R発ノードとして光ノード装置#10を3R着ノードとする3R区間内に属していることを認識し、初めか3R中継を実施しないと判断する。

【0074】

光ノード装置#9からの光パス設定要求を受け取った光ノード装置#10は、自己が波長 $\lambda 4$ による光パス設定が可能であることを認識しており、ラベルL4

(λ4) によって光パスを設定することを判断する。また、光ノード装置#10は着ノードなので、3R中継を実施しないと判断する。

【0075】

これにより、光ノード装置#1、#4、#7によって3R中継が実施される。光ノード装置#4が光ノード装置#5の肩代わりをしたことになる。

【0076】

(第三実施例)

第三実施例の光ノード装置の動作を図7を参照して説明する。図7は第三および第四実施例の光ノード装置の動作を説明するための図である。第三実施例は、双方向光パスにおける実施例である。双方向光パスという観点からみると、第一実施例においては、下り光パスにおける実施例を説明したことになる。そこで、第三実施例では、上り光パスについての実施例を説明する。したがって、実際の双方向光パスの設定では、第一実施例で説明した手順と第三実施例で説明する手順とをほぼ同時に並行して実行することになる。

【0077】

図7に示す上り光パス上に設定された3R区間は、光ノード装置#10を3R発ノードとし、光ノード装置#6を3R着ノードとする区間、光ノード装置#9を3R発ノードとし、光ノード装置#6を3R着ノードとする区間、光ノード装置#7を3R発ノードとし、光ノード装置#4を3R着ノードとする区間、光ノード装置#6を3R発ノードとし、光ノード装置#3を3R着ノードとする区間、光ノード装置#4を3R発ノードとし、光ノード装置#1を3R着ノードとする3R区間、光ノード装置#3を3R発ノードとし、光ノード装置#1を3R着ノードとする3R区間、光ノード装置#2を3R発ノードとし、光ノード装置#1を3R着ノードとする3R区間である。

【0078】

また、各光ノード装置が有する波長変換トランク数は、光ノード装置#1、#2、#3、#4、#5、#6、#7、#9はそれぞれ5個、光ノード装置#8、#10はそれぞれ10個とする。

【0079】

ここで、発ノードを光ノード装置#1とし、着ノードを光ノード装置#10とする上り光パスが設定される場合に、最も3R実施回数が少なくなるように、光ノード装置#10が3R発ノードであるときの3R着ノードを光ノード装置#6とし、また、光ノード装置#6を3R発ノードとしたときの3R着ノードを光ノード装置#3とし、また、光ノード装置#3を3R発ノードとしたときの3R着ノードを光ノード装置#1とする3R区間をリレーすることが最良である。

【0080】

光ノード装置#1から光ノード装置#2に対して光パス設定要求が送出される。この光パス設定要求には、経路途中で必要となる波長変換を表示する複数のラベル（ラベルセット）が搭載されている。図7の例では、光ノード装置#1と光ノード装置#3との間には、波長 λ_1 が用いられ、ラベルL1が用いられる。光ノード装置#3と光ノード装置#5との間には、波長 λ_2 が用いられ、ラベルL2が用いられる。光ノード装置#5と光ノード装置#7との間には、波長 λ_3 が用いられ、ラベルL3が用いられる。光ノード装置#7と光ノード装置#10との間には、波長 λ_4 が用いられ、ラベルL4が用いられる。

【0081】

光ノード装置#1は発ノードであり上り光パスにおける3R着ノードであるので3R中継を実施しないと判断する。

【0082】

光ノード装置#1からの光パス設定要求を受け取った光ノード装置#2は、自己が波長 λ_1 による光パス設定が可能であることを認識しており、ラベルL1（ λ_1 ）によって光パスを設定することを判断する。また、上り光パスにおいては、自己が光ノード装置#3が3R発ノードであり、光ノード装置#1が3R着ノードである3R区間に属しているので、光ノード装置#2は3R中継を実施しないと判断する。

【0083】

光ノード装置#2からの光パス設定要求を受け取った光ノード装置#3は、自己が波長 λ_1 による光パス設定が不可能であることを認識しており、ラベルL2（ λ_2 ）によって光パスを設定することを判断する。また、自己は、あらかじめ

決められている上り光パスにおける 3 R 発ノードなので、3 R 中継を実施すると判断する。

【0084】

光ノード装置# 3 からの光パス設定要求を受け取った光ノード装置# 4 は、自己が波長 $\lambda 2$ による光パス設定が可能であることを認識しており、ラベル $L 2$ ($\lambda 2$) によって光パスを設定することを判断すると共に、3 R 発ノードなので 3 R 中継を実施するか否かを

$T > TH_T$ かつ ($H < TH_H$ かつ $L > TH_L$)

により判断する。なお、 $TH_T = 4$ 、 $TH_H = 2$ 、 $TH_L = 1$ である。光ノード装置# 4 の波長変換トランク数は 5 個であるから、

$T > TH_T$

は満足する。続いて、

$H < TH_H$

は、光ノード装置# 4 から上り光パスにおける 3 R 着ノードである光ノード装置# 3 まで 1 ホップなので満足する。続いて、

$L > TH_L$

は、光ノード装置# 4 ではラベル $L 2$ を使用するので、残存するラベル数は $L 3$ および $L 4$ の 2 枚となり満足する。そこで光ノード装置# 4 は 3 R 中継を実施すると判断する。この判断結果は、光ノード装置# 3 に対して伝達される。

【0085】

光ノード装置# 3 は、光ノード装置# 4 からこの伝達を受け取ると、先に決定した自己が 3 R 中継を実施するという判断を撤回する。

【0086】

光ノード装置# 4 からの光パス設定要求を受け取った光ノード装置# 5 は、自己が波長 $\lambda 2$ による光パス設定が不可能であることを認識しており、ラベル $L 3$ ($\lambda 3$) によって光パスを設定することを判断する。また、光ノード装置# 5 は、3 R 発ノードではないので、初めから 3 R 中継を実施しないと判断する。

【0087】

光ノード装置# 5 からの光パス設定要求を受け取った光ノード装置# 6 は、自

己が波長 λ_3 による光パス設定が可能であることを認識しており、ラベル L_3 (λ_3) によって光パスを設定することを判断する。また、自己は、あらかじめ決められている上り光パスにおける3R発ノードであるので、初めから3R中継を実施すると判断する。

【0088】

光ノード装置#6からの光パス設定要求を受け取った光ノード装置#7は、自己が波長 λ_3 による光パス設定が不可能であることを認識しており、ラベル L_4 (λ_4) によって光パスを設定することを判断すると共に、3R中継を実施するか否かを

$T > TH_T$ かつ ($H < TH_H$ かつ $L > TH_L$)

により判断する。光ノード装置#7の波長変換バンク数は5個であるから、

$T > TH_T$

は満足する。続いて、

$H < TH_H$

は、光ノード装置#7から3R着ノードである光ノード装置#6まで1ホップなので満足する。続いて、

$L > TH_L$

は、光ノード装置#7ではラベル L_4 を使用するので、残存するラベル数は0枚となり満足しない。そこで光ノード装置#7は3R中継を実施しないと判断する。

【0089】

光ノード装置#7からの光パス設定要求を受け取った光ノード装置#8は、自己が波長 λ_4 による光パス設定が可能であることを認識しており、ラベル L_4 (λ_4) によって光パスを設定することを判断する。また、光ノード装置#8は、3R発ノードではないので、初めから3R中継を実施しないと判断する。

【0090】

光ノード装置#8からの光パス設定要求を受け取った光ノード装置#9は、自己が波長 λ_4 による光パス設定が可能であることを認識しており、ラベル L_4 (λ_4) によって光パスを設定することを判断すると共に、3R中継を実施するか

否かを

$T > TH_T$ かつ $(H < TH_H$ かつ $L > TH_L)$

により判断する。光ノード装置# 9の波長変換トランク数は5個であるから、

$T > TH_T$

は満足する。続いて、

$H < TH_H$

は、光ノード装置# 9から3R着ノードである光ノード装置# 6まで3ホップなので満足しない。そこで光ノード装置# 7は3R中継を実施しないと判断する。

【0091】

光ノード装置# 9からの光パス設定要求を受け取った光ノード装置# 10は、自己が波長 λ_4 による光パス設定が可能であることを認識しており、ラベル L_4 (λ_4)によって光パスを設定することを判断する。また、光ノード装置# 10は着ノードなので上り光パスにおいては3R発ノードであり、3R中継を実施すると判断する。

【0092】

これにより、光ノード装置# 4、# 6、# 10によって3R中継が実施される。光ノード装置# 4が光ノード装置# 3の3R中継を肩代わりしたことになる。

【0093】

(第四実施例)

第四実施例の光ノード装置の動作を図7を参照して説明する。第四実施例は、双方向光パスにおける実施例である。双方向光パスという観点からみると、第二実施例においては、下り光パスにおける実施例を説明したことになる。そこで、第四実施例では、上り光パスについての実施例を説明する。したがって、実際の双方向光パスの設定では、第二実施例で説明した手順と第四実施例で説明する手順とをほぼ同時に並行して実行することになる。

【0094】

図7に示す上り光パス上に設定された3R区間は、光ノード装置# 10を3R発ノードとし、光ノード装置# 6を3R着ノードとする区間、光ノード装置# 9を3R発ノードとし、光ノード装置# 6を3R着ノードとする区間、光ノード装

置# 7を3R発ノードとし、光ノード装置# 4を3R着ノードとする区間、光ノード装置# 6を3R発ノードとし、光ノード装置# 3を3R着ノードとする区間、光ノード装置# 4を3R発ノードとし、光ノード装置# 1を3R着ノードとする3R区間、光ノード装置# 3を3R発ノードとし、光ノード装置# 1を3R着ノードとする3R区間、光ノード装置# 2を3R発ノードとし、光ノード装置# 1を3R着ノードとする3R区間である。

【0095】

また、各光ノード装置が有する波長変換バンク数は、光ノード装置# 1、# 2、# 3、# 4、# 5、# 6、# 7、# 9はそれぞれ5個、光ノード装置# 8、# 10はそれぞれ10個とする。

【0096】

ここで、発ノードを光ノード装置# 1とし、着ノードを光ノード装置# 10とする上り光パスが設定される場合に、最も3R実施回数が少なくなるように、光ノード装置# 10が3R発ノードであるときの3R着ノードを光ノード装置# 6とし、また、光ノード装置# 6を3R発ノードとしたときの3R着ノードを光ノード装置# 3とし、また、光ノード装置# 3を3R発ノードとしたときの3R着ノードを光ノード装置# 1とする3R区間をリレーすることが最良である。

【0097】

光ノード装置# 1は発ノードであり上り光パスにおける3R着ノードであるので3R中継を実施しないと判断する。

【0098】

光ノード装置# 1から光ノード装置# 2に対して光パス設定要求が送出される。この光パス設定要求には、経路途中で必要となる波長変換を表示する複数のラベル（ラベルセット）が搭載されている。図7の例では、光ノード装置# 1と光ノード装置# 3との間は、波長 λ_1 が用いられ、ラベルL1が用いられる。光ノード装置# 3と光ノード装置# 5との間は、波長 λ_2 が用いられ、ラベルL2が用いられる。光ノード装置# 5と光ノード装置# 7との間は、波長 λ_3 が用いられ、ラベルL3が用いられる。光ノード装置# 7と光ノード装置# 10との間は、波長 λ_4 が用いられ、ラベルL4が用いられる。

【0099】

光ノード装置#1からの光パス設定要求を受け取った光ノード装置#2は、自己が波長 λ_1 による光パス設定が可能であることを認識しており、ラベルL1 (λ_1) によって光パスを設定することを判断する。また、上り光パスにおいては、自己が光ノード装置#3が3R発ノードであり、光ノード装置#1が3R着ノードである3R区間に属しているので、光ノード装置#2は3R中継を実施しないと判断する。

【0100】

光ノード装置#2からの光パス設定要求を受け取った光ノード装置#3は、自己が波長 λ_1 による光パス設定が不可能であることを認識しており、ラベルL2 (λ_2) によって光パスを設定することを判断する。また、自己は、あらかじめ決められている上り光パスにおける3R発ノードなので、3R中継を実施すると判断する。

【0101】

光ノード装置#3からの光パス設定要求を受け取った光ノード装置#4は、自己が波長 λ_2 による光パス設定が可能であることを認識しており、ラベルL2 (λ_2) によって光パスを設定することを判断すると共に、3R発ノードなので3R中継を実施するか否かを

$T > TH_T$ かつ ($H < TH_H$ または $L > TH_L$)

により判断する。なお、 $TH_T = 4$ 、 $TH_H = 2$ 、 $TH_L = 1$ である。光ノード装置#4の波長変換トランク数は5個であるから、

$T > TH_T$

は満足する。続いて、

$H < TH_H$

は、光ノード装置#4から上り光パスにおける3R着ノードである光ノード装置#3まで1ホップなので満足する。そこで光ノード装置#4は3R中継を実施すると判断する。この判断結果は、光ノード装置#3に対して伝達される。

【0102】

光ノード装置#3は、光ノード装置#4からこの伝達を受け取ると、先に決定

した自己が3 R中継を実施するという判断を撤回する。

【0103】

光ノード装置#4からの光パス設定要求を受け取った光ノード装置#5は、自己が波長 λ_2 による光パス設定が不可能であることを認識しており、ラベルL3 (λ_3)によって光パスを設定することを判断する。また、光ノード装置#5は、3 R発ノードではないので、初めから3 R中継を実施しないと判断する。

【0104】

光ノード装置#5からの光パス設定要求を受け取った光ノード装置#6は、自己が波長 λ_3 による光パス設定が可能であることを認識しており、ラベルL3 (λ_3)によって光パスを設定することを判断する。また、自己は、あらかじめ決められている上り光パスにおける3 R発ノードであるので、初めから3 R中継を実施すると判断する。

【0105】

光ノード装置#6からの光パス設定要求を受け取った光ノード装置#7は、自己が波長 λ_3 による光パス設定が不可能であることを認識しており、ラベルL4 (λ_4)によって光パスを設定することを判断すると共に、3 R中継を実施するか否かを

$T > TH_T$ かつ ($H < TH_H$ または $L > TH_L$)

により判断する。光ノード装置#7の波長変換トランク数は5個であるから、

$T > TH_T$

は満足する。続いて、

$H < TH_H$

は、光ノード装置#7から3 R着ノードである光ノード装置#6まで1ホップなので満足する。そこで光ノード装置#7は3 R中継を実施すると判断する。この判断結果は、光ノード装置#6に対して伝達される。

【0106】

光ノード装置#6は、光ノード装置#7からこの伝達を受け取ると、先に決定した自己が3 R中継を実施するという判断を撤回する。

【0107】

光ノード装置#7からの光パス設定要求を受け取った光ノード装置#8は、自己が波長 λ_4 による光パス設定が可能であることを認識しており、ラベル L_4 (λ_4) によって光パスを設定することを判断する。また、光ノード装置#8は、3R発ノードではないので、初めから3R中継を実施しないと判断する。

【0108】

光ノード装置#8からの光パス設定要求を受け取った光ノード装置#9は、自己が波長 λ_4 による光パス設定が可能であることを認識しており、ラベル L_4 (λ_4) によって光パスを設定することを判断すると共に、3R中継を実施する可否かを

$T > TH_T$ かつ ($H < TH_H$ または $L > TH_L$)

により判断する。光ノード装置#9の波長変換バンク数は5個であるから、

$T > TH_T$

は満足する。続いて、

$H < TH_H$

は、光ノード装置#9から3R着ノードである光ノード装置#6まで3ホップなので満足しない。続いて、

$L > TH_L$

は、残存するラベル数が0なので満足しない。そこで光ノード装置#9は3R中継を実施しないと判断する。

【0109】

光ノード装置#9からの光パス設定要求を受け取った光ノード装置#10は、自己が波長 λ_4 による光パス設定が可能であることを認識しており、ラベル L_4 (λ_4) によって光パスを設定することを判断する。また、光ノード装置#10は着ノードであり上り光パスにおいては3R発ノードなので、3R中継を実施すると判断する。

【0110】

これにより、光ノード装置#4、#7、#10によって3R中継が実施される。光ノード装置#4が光ノード装置#3の3R中継実施を肩代わりし、光ノード装置#7が光ノード装置#6の3R中継を肩代わりしたことになる。

【0111】

【発明の効果】

以上説明したように、本発明によれば、必要最小数あるいは必要最小能力の3R中継器を用いてネットワークリソースの有効利用を図り、経済的な光ネットワークを構成することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】

3R発ノード、3R着ノード、3R区間の表記を説明するための図。

【図2】

3R区間の性質を説明するための図。

【図3】

光ネットワークのトポロジ情報に対応した3R区間情報の一例を示す図。

【図4】

本実施例の光ノード装置の要部ブロック構成図。

【図5】

本実施例の3R中継実施ノード判断方法を説明するための図。

【図6】

第一および第二実施例の光ノード装置の動作を説明するための図。

【図7】

第三および第四実施例の光ノード装置の動作を説明するための図。

【図8】

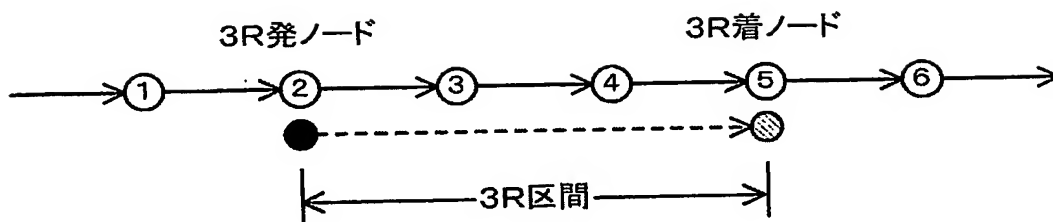
従来の光ネットワーク構成を示す図。

【符号の説明】

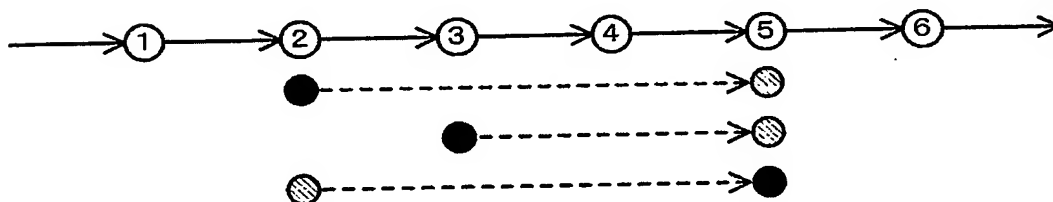
- 1～14、#1～#10 光ノード装置
- 20 3R区間情報保持部
- 21 3R中継実施判断部
- 22 光パス設定部
- 30 スイッチ部
- 40 波長変換トランク

【書類名】 図面

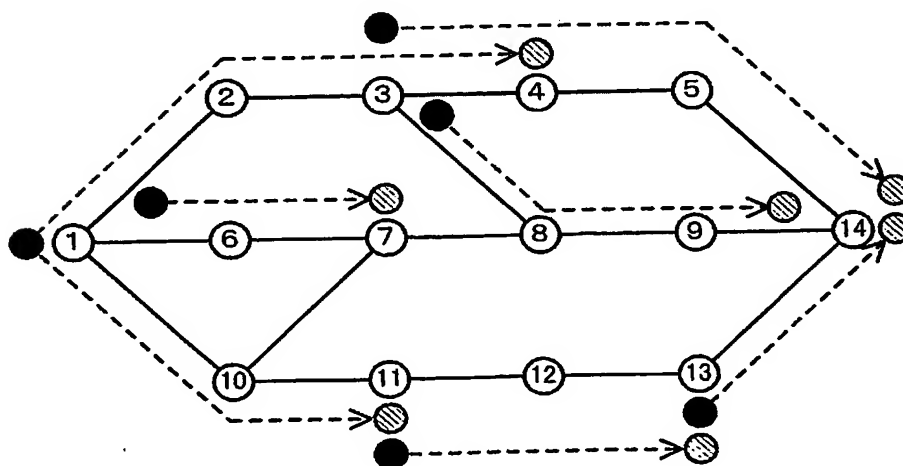
【図 1】



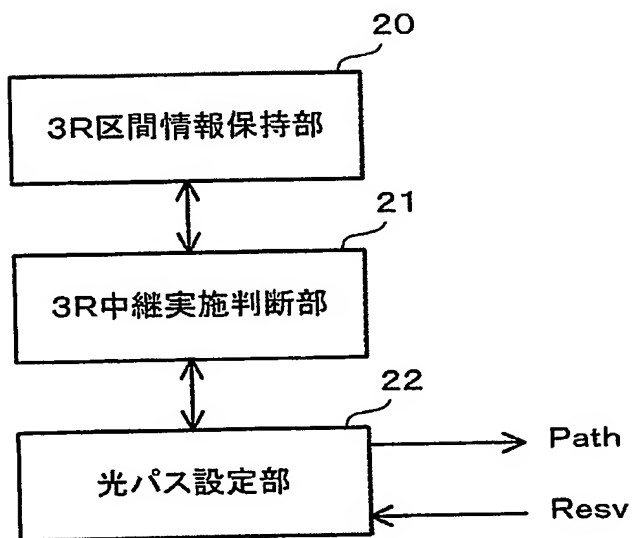
【図 2】



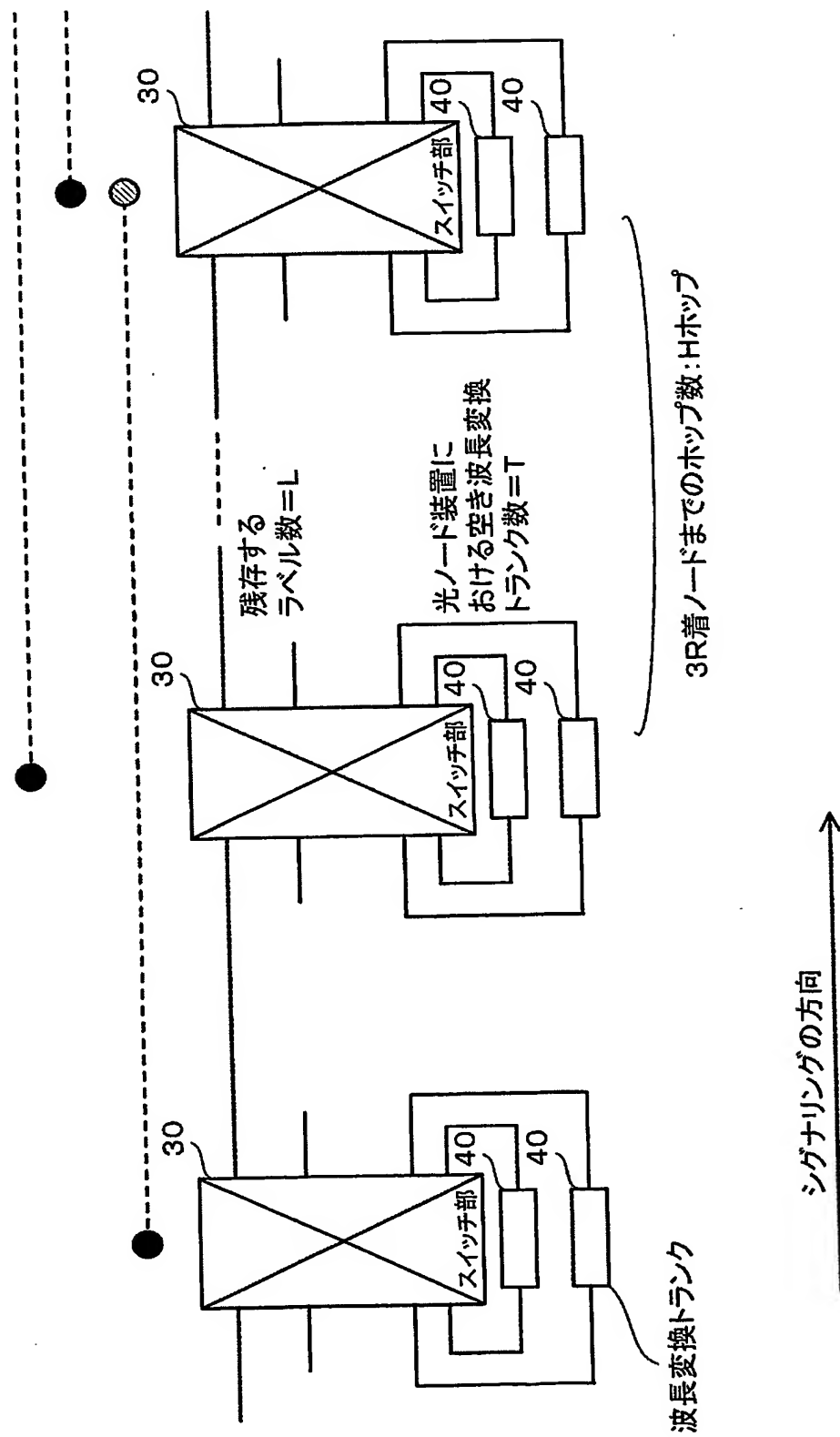
【図 3】



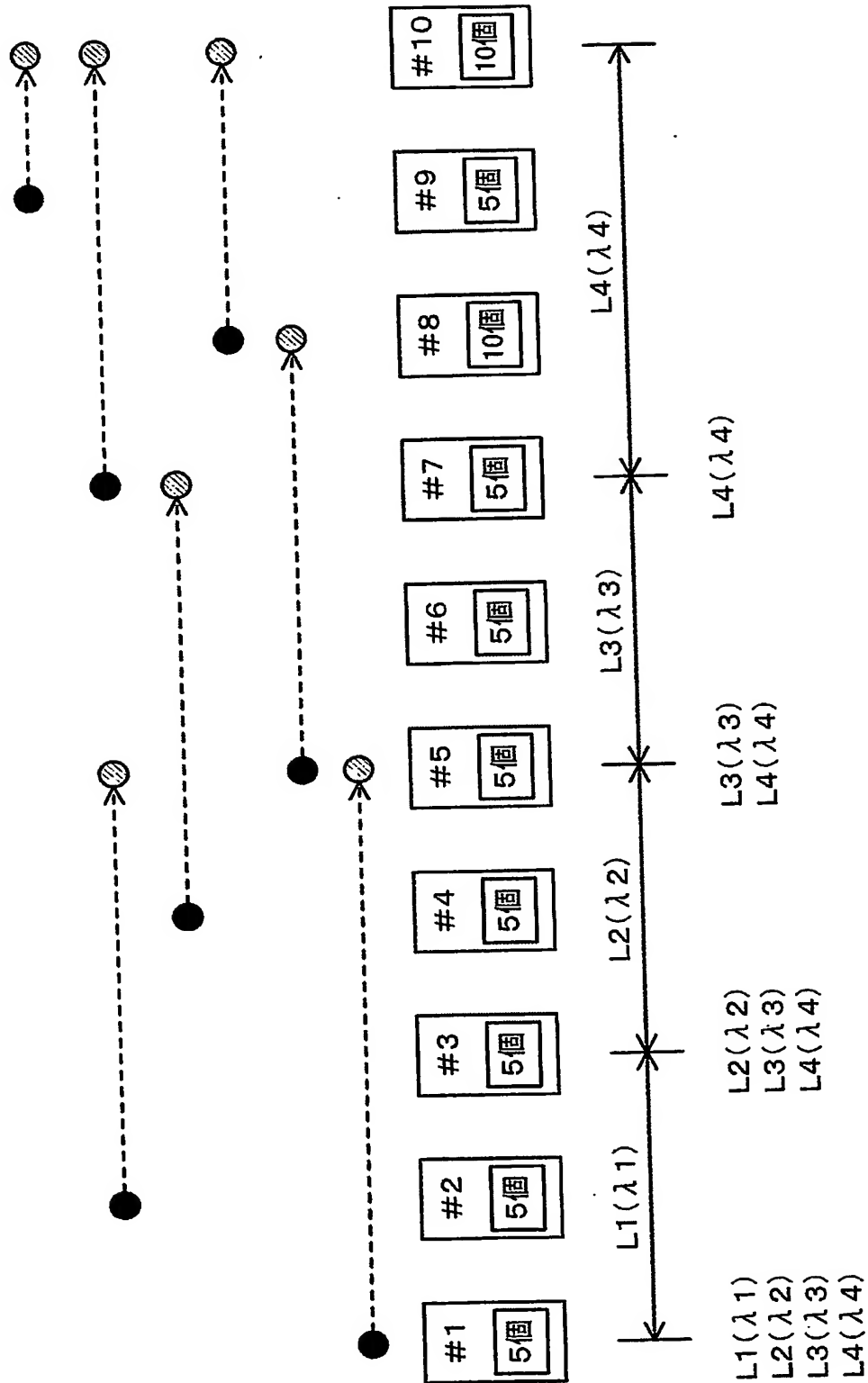
【図 4】



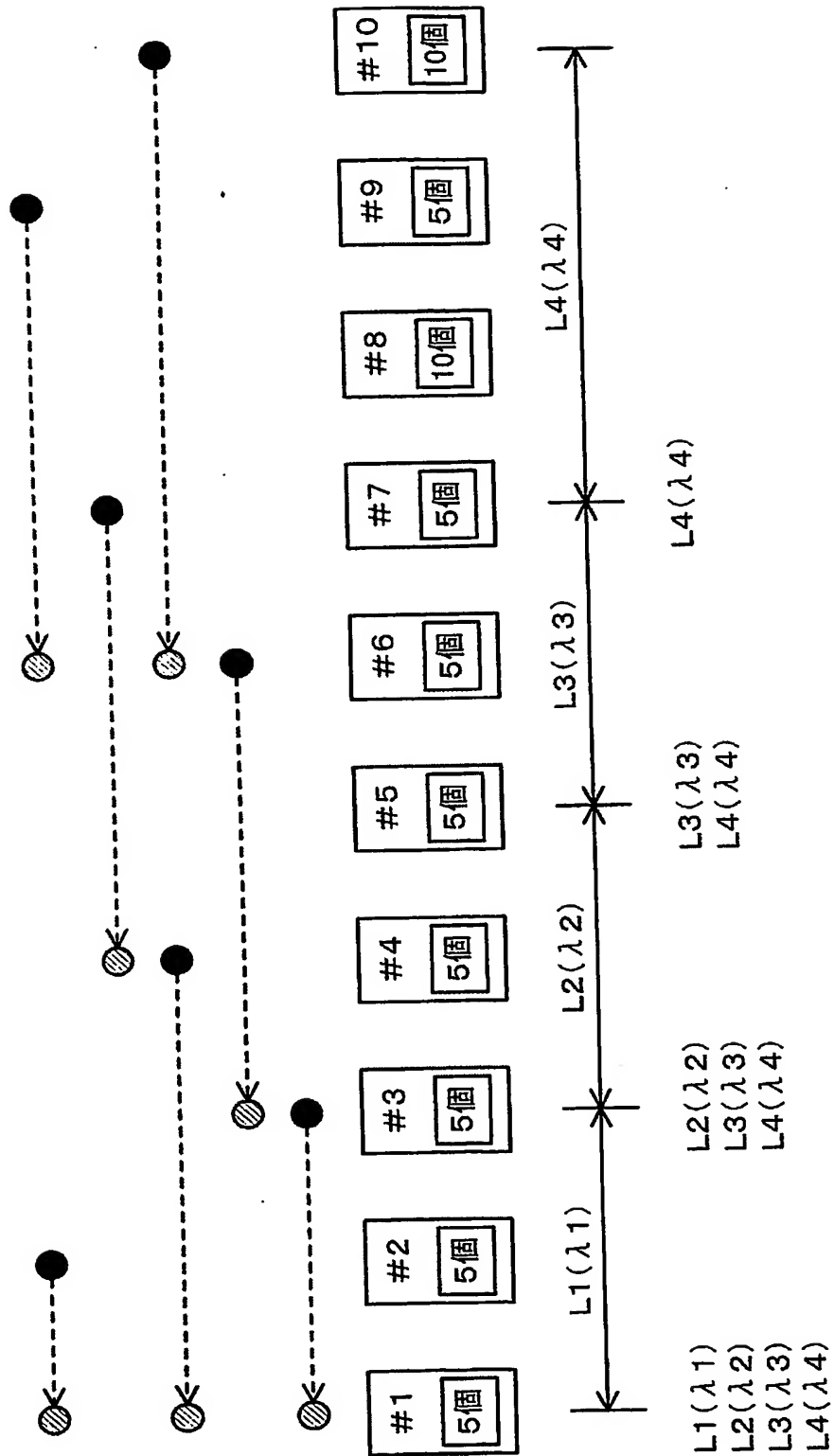
【図 5】



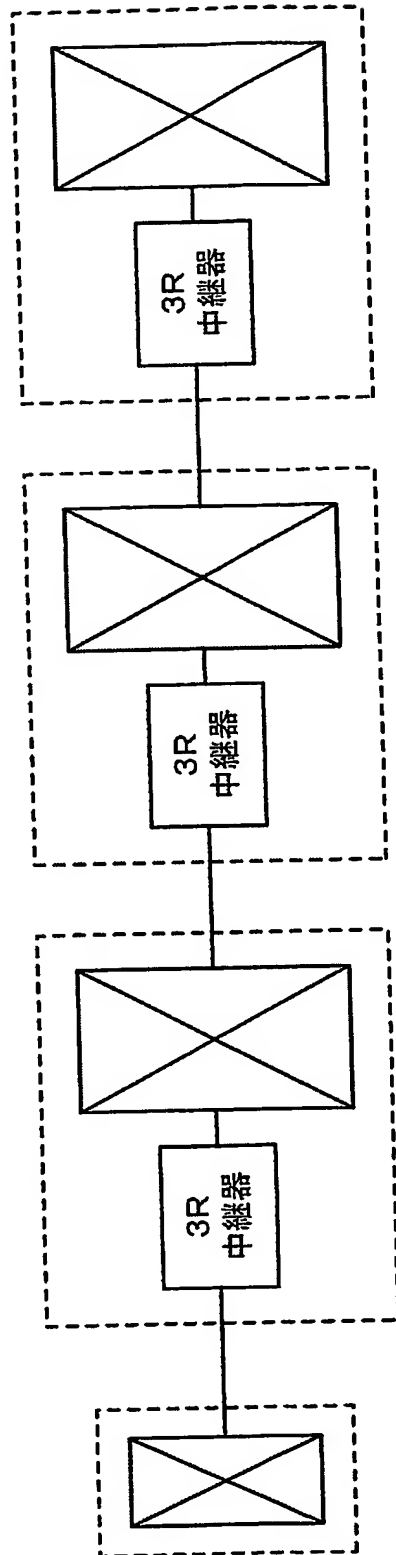
【図6】



【図 7】



【図 8】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 必要最小数あるいは必要最小能力の 3 R 中継器を用いてネットワークリソースの有効利用を図り、経済的な光ネットワークを構成する。

【解決手段】 3 R トランク数を T 、空き 3 R トランク数の閾値を TH_T 、3 R 着ノードまでのホップ数の閾値を TH_H 、残存するラベル数を L 、残存するラベル数の閾値を TH_L としたときに、

$T > TH_T$ かつ $(H < TH_H$ かつ $L < TH_L)$

あるいは、

$T > TH_T$ かつ $(H < TH_H$ または $L < TH_L)$

ならば 3 R 中継を実施すると判断する。

【選択図】 図 5

特願 2 0 0 3 - 0 6 9 2 3 3

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[0 0 0 0 0 4 2 2 6]

1. 変更年月日

1 9 9 9 年 7 月 1 5 日

[変更理由]

住所変更

住 所

東京都千代田区大手町二丁目 3 番 1 号

氏 名

日本電信電話株式会社

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☒ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☒ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.